



MODEL PREDIKSI KONDISI PERKERASAN JALAN DENGAN DYNAMIC BAYESIAN NETWORK

**(STUDI KASUS : RUAS JALAN BATAS KOTA CARUBAN
— BATAS KAB NGANJUK)**

ALIP NOVITA SARI
3113207809

DOSEN PEMBIMBING :
Dr. Ir. Ria A. A. Soemitro, M.Eng
Trijoko Wahyu Adi, ST, MT, Ph.D



PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Biaya
pemeliharaan
terbatas

Model Prediksi
belum
mempertmbangkan
beberapa faktor
penyebab

Prediksi
Kondisi
Perkerasan
Jalan

RUMUSAN MASALAH & TUJUAN

Permasalahan

- Faktor apa saja yang mempengaruhi kerusakan perkerasan jalan?
- Bagaimana hubungan antar faktor – faktor ?
- Bagaimana pemodelan prediksi kondisi perkerasan jalan dengan DBN?

Tujuan

- Identifikasi faktor yang mempengaruhi kerusakan perkerasan jalan
- Mendapatkan hubungan antar faktor
- Membuat model prediksi kondisi perkerasan jalan dengan DBN

BATASAN PENELITIAN

1. Penelitian dilakukan pada ruas jalan nasional Batas Kota Caruban – Batas Kabupaten Nganjuk.
2. Data *history* jalan yang digunakan adalah sebanyak 5 tahun, tahun 2011 – 2014 untuk pembelajaran data dan data tahun 2015 digunakan untuk validasi data.
3. Variabel yang digunakan untuk model statis dan dinamis adalah sama dan didapatkan dari hasil studi literatur dan kuesioner pendahuluan.
4. Penentuan kategori /*state* variabel beban lalu lintas mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 dan tidak memperhitungkan beban berlebih dan beban tetap.
5. Penentuan kategori/*state* variabel sistem drainase mengacu pada Tata Cara Penyusunan Program Pemeliharaan Jalan No 018/T/BNKT/1990 yang diterbitkan oleh Bina Marga.



KAJIAN TEORI

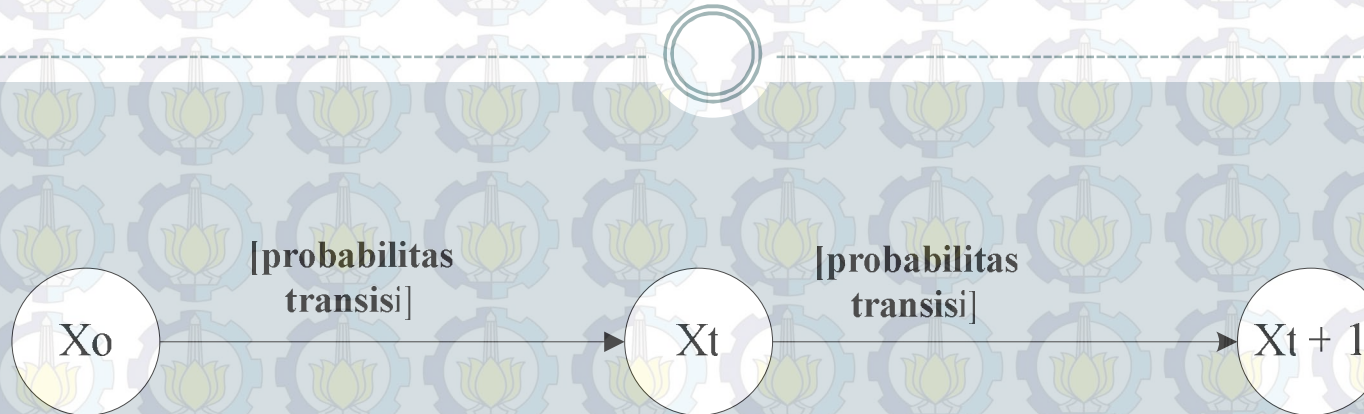
FAKTOR – FAKTOR

No.	Faktor – Faktor	Referensi
1	Pemeliharaan Jalan	Phill Hunt (2001)
2	Beban Lalu Lintas	Priyadi (2008)
3	Temperatur Udara	Priyadi (2008)
4	Curah Hujan	Priyadi (2008)
5	Sistem Drainase	Priyadi (2008)
6	Kualitas Pelaksanaan Pekerjaan	Phill Hunt (2001)

PENELITIAN TERDAHULU

NO	Peneliti	Judul	Metode
1	Emma Kartika (2014)	Estimasi Prediksi Perkerasan	Markov dan JST
2	Ruizi Wang, Lin Ma, Cheng Yan, Joseph Mathew (2012)	<i>Condition Deterioration Prediction of Bridge Element Using DBN</i>	DBN
3	Muhammad Ali Mubarak (2010)	<i>Predicting Deterioration for the Saudi Arabia Urban Road Network</i>	Regresi
4	SK Suman, S.Sinha	<i>Pavement Condition Forecasting Through Artificial Neural Network Modelling</i>	ANN

PENELITIAN TERDAHULU



- Variabel independen terhadap waktu
- Tidak bisa menggunakan beberapa faktor penyebab kerusakan jalan bersama – sama
- Tidak memiliki kemampuan untuk *update* jika terdapat informasi baru

POSISI PENELITIAN

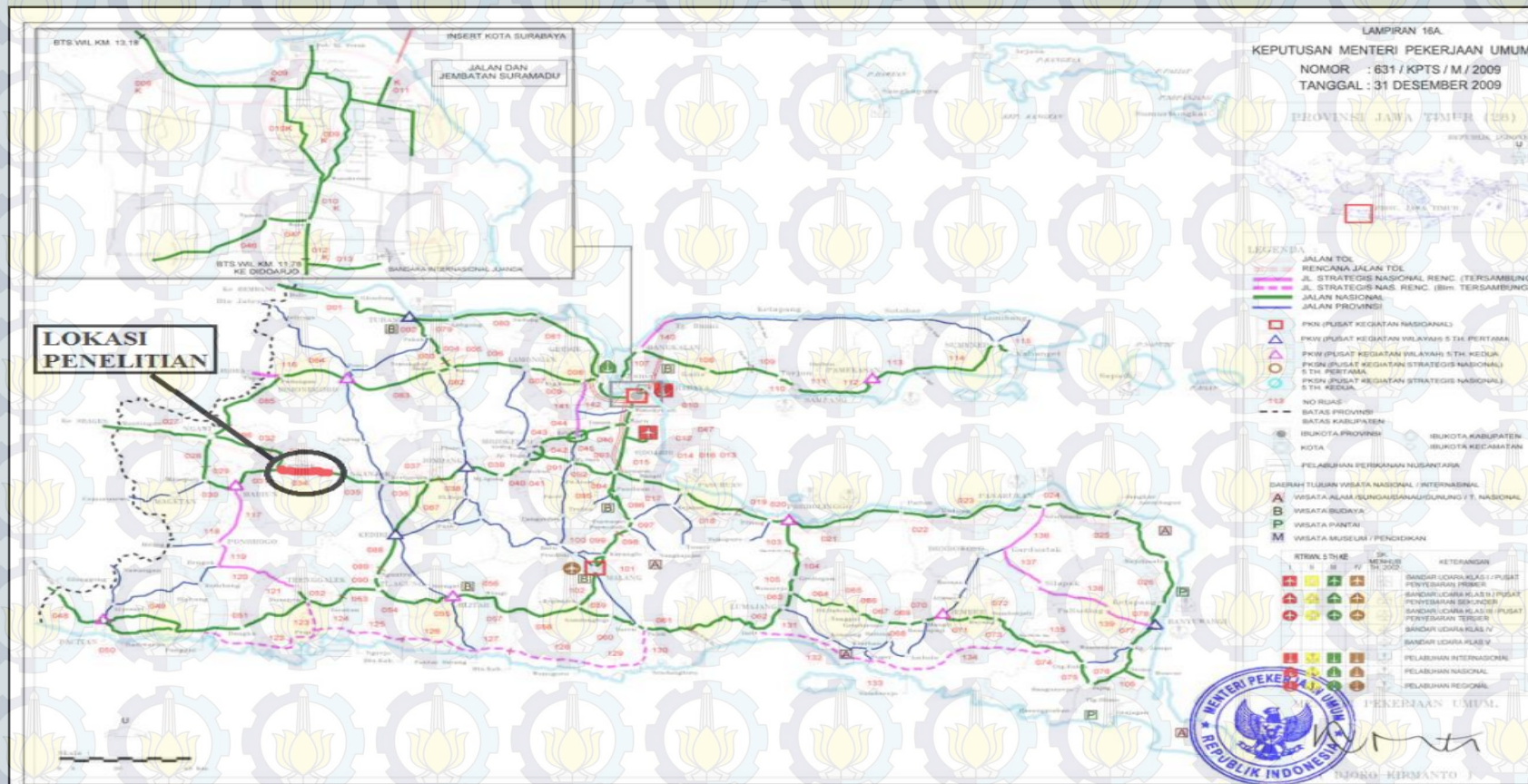
- Metode yang digunakan yaitu DBN merupakan perluasan dari BN untuk model dinamis dari waktu ke waktu, dimana peneliti sebelumnya menggunakan metode lain seperti *Markov Chain*, Regresi, Bayesian MCMC, Jaringan Saraf Tiruan dan metode deterministik lainnya.
- Pada penelitian ini akan dilakukan pemodelan prediksi kondisi perkerasan jalan dengan mempertimbangkan faktor – faktor penyebab kerusakan jalan yang dependen terhadap waktu.
- Selain mempertimbangkan faktor – faktor penyebab kerusakan jalan, penelitian ini juga mempertimbangkan hubungan/ketergantungan antar faktor- faktor penyebab kerusakan perkerasan jalan
- Pemodelan prediksi kerusakan perkerasan jalan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan software Genie 2.0



METODE PENELITIAN

OBJEK PENELITIAN

- Ruas Jalan Batas Kota Caruban – Batas Kabupaten Nganjuk



TAHAPAN & DIAGRAM PENELITIAN

Tahap 1

- Studi literatur
- Identifikasi faktor

Tahap 2

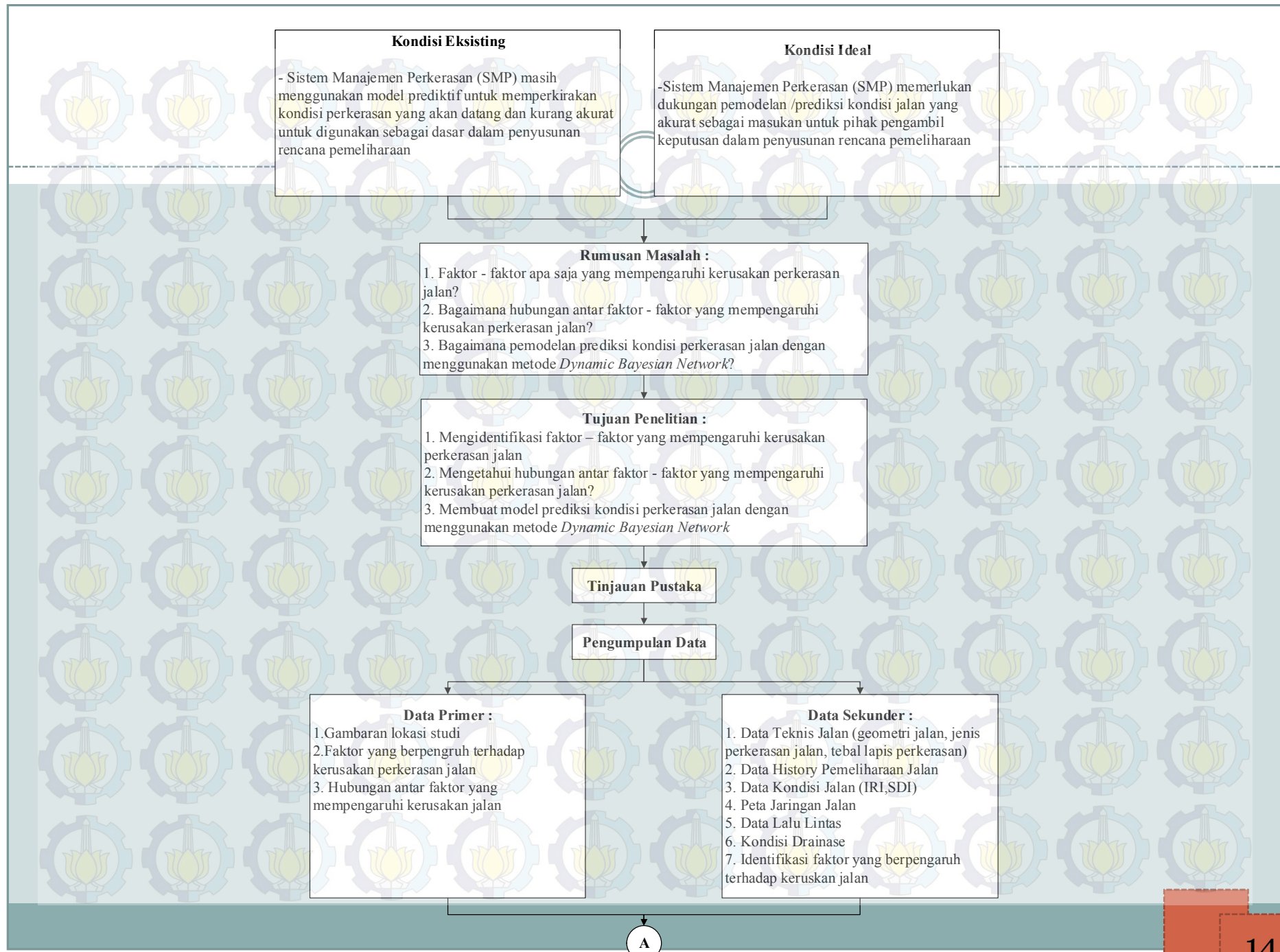
- Pengumpulan data
- Perancangan kuesioner

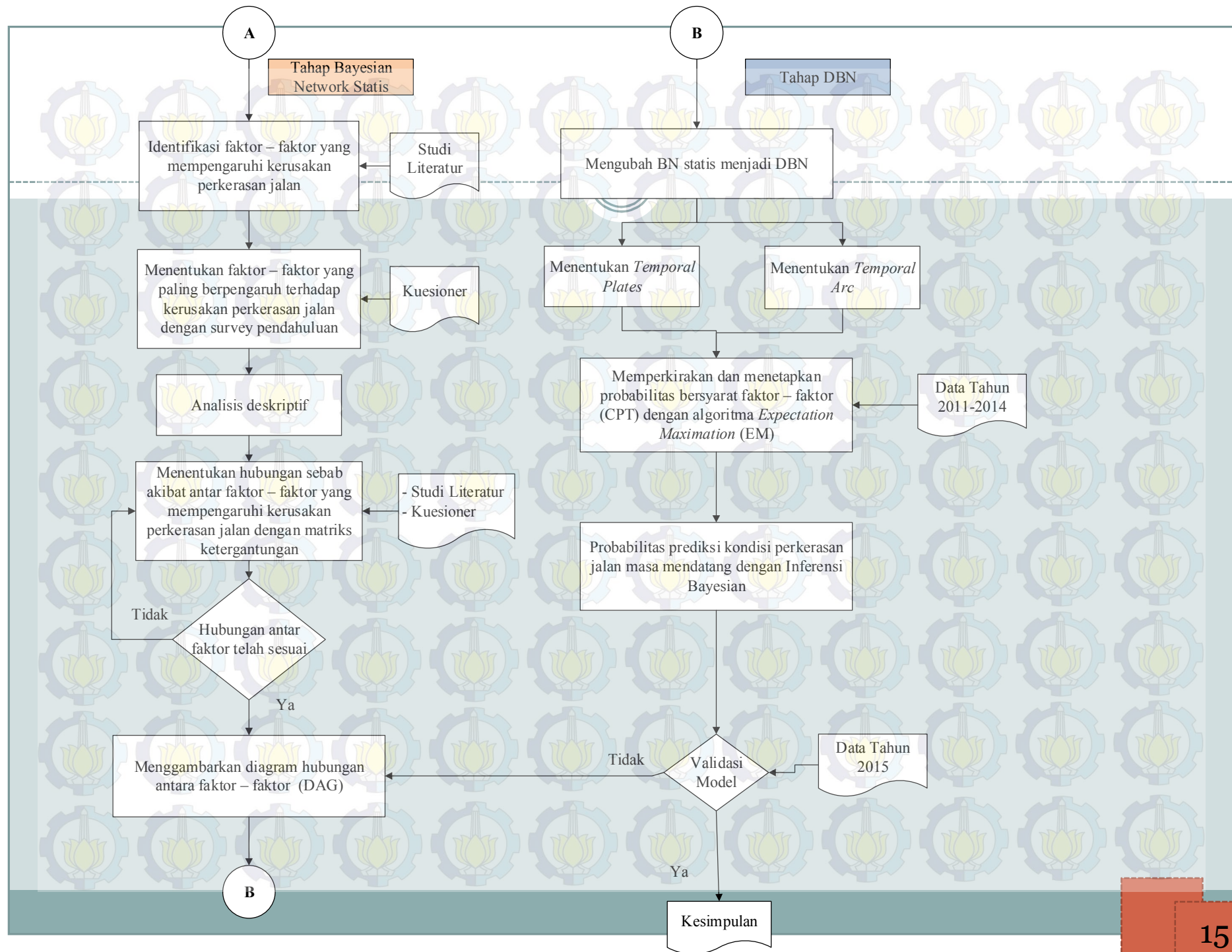
Tahap 3

- Penentuan faktor
- Hubungan antar faktor
- Memodelkan DBN

Tahap 4

- Validasi





PENGUMPULAN DATA

No	Jenis Data	Pengumpulan Data
1	Data Sekunder <ul style="list-style-type: none"> • Data teknis jalan (geometri) • Data histori pemeliharaan jalan (umur perkerasan, data pemeliharaan) • Data kondisi jalan (IRI, SDI) • Peta jaringan jalan • Data lalu lintas • Kondisi sistem drainase • Identifikasi faktor – faktor yang berpengaruh terhadap kerusakan perkerasan jalan 	<ul style="list-style-type: none"> • Data dari BBPJN V • Data dari BBPJN V • Data dari BBPJN V • Data dari BBPJN V • Data dari BBPJN V • Studi literatur
2	Data Primer <ul style="list-style-type: none"> • Gambaran lokasi studi • Faktor – faktor yang paling berpengaruh terhadap kerusakan perkerasan jalan • Hubungan antar faktor yang mempengaruhi kerusakan perkerasan jalan 	<ul style="list-style-type: none"> • Observasi lap • Kuesioner pendahuluan • Kuesioner utama



ANALISA & PEMBAHASAN

1. HASIL PENENTUAN FAKTOR

No.	Faktor – Faktor	Referensi
1	Pemeliharaan Jalan	Phill Hunt (2001)
2	Beban Lalu Lintas	Priyadi (2008)
3	Temperatur Udara	Priyadi (2008)
4	Curah Hujan	Priyadi (2008)
5	Sistem Drainase	Priyadi (2008)
6	Kualitas Pelaksanaan Pekerjaan	Phill Hunt (2001)

1. HASIL KUESIONER

No	Faktor	Responden								Min	Max	Mean	Std Dev	Ranking
		1	2	3	4	5	6	7	8					
1	Pemeliharaan Jalan	5	5	4	3	5	4	5	5	2	5	4.50	0.755	3
2	Beban Lalu Lintas	4	5	5	5	5	5	4	5	4	5	4.75	0.463	2
3	Temperatur	3	3	3	3	4	4	3	4	3	4	3.38	0.518	6
4	Curah Hujan	3	4	3	3	4	3	3	5	1	5	3.50	0.755	5
5	Sistem Drainase	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	4.88	0.354	1
6	Kualitas Pelaksanaan Pekerjaan	4	3	4	3	5	4	5	3	3	5	3.88	0.835	4

- Faktor yang digunakan : faktor yang memiliki nilai *mean* > 4

B. PEMETAAN VARIABEL & KATEGORI

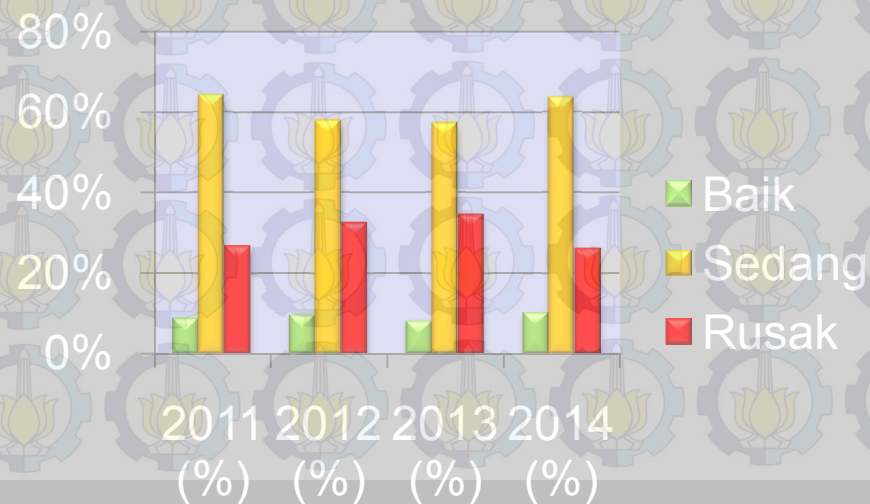
No	Variabel Bebas (Independen)	Variabel Terikat (Dependen)
1	Sistem Drainase	International Roughness Index (IRI) dan Surface Distress Index(SDI)
2	Beban Lalu Lintas	
3	Pemeliharaan Jalan	

1. VARIABEL SISTEM DRAINASE

- Penilaian sistem drainase mengacu pada Manual Tata Cara Penyusunan Program Pemeliharaan Jalan No 018/T/BNKT/1990
- Penentuan kategori/*state* :
 - Kondisi baik : nilai kondisi < 10
 - Kondisi sedang : nilai kondisi 10- 15
 - Kondisi rusak : nilai kondisi > 15

1. VARIABEL SISTEM DRAINASE

No RUAS	NAMA RUAS	SISTEM DRAINASE	2011 (Km)	2012 (Km)	2013 (Km)	2014 (Km)
34	BTS.KOTA.CARUBAN - KAB NGANJUK	Baik	1.26	1.6	1.16	1.46
		Sedang	9.10	8.0	8.10	9.00
		Rusak	3.80	4.60	4.90	3.70
		Total	14.16	14.16	14.16	14.16

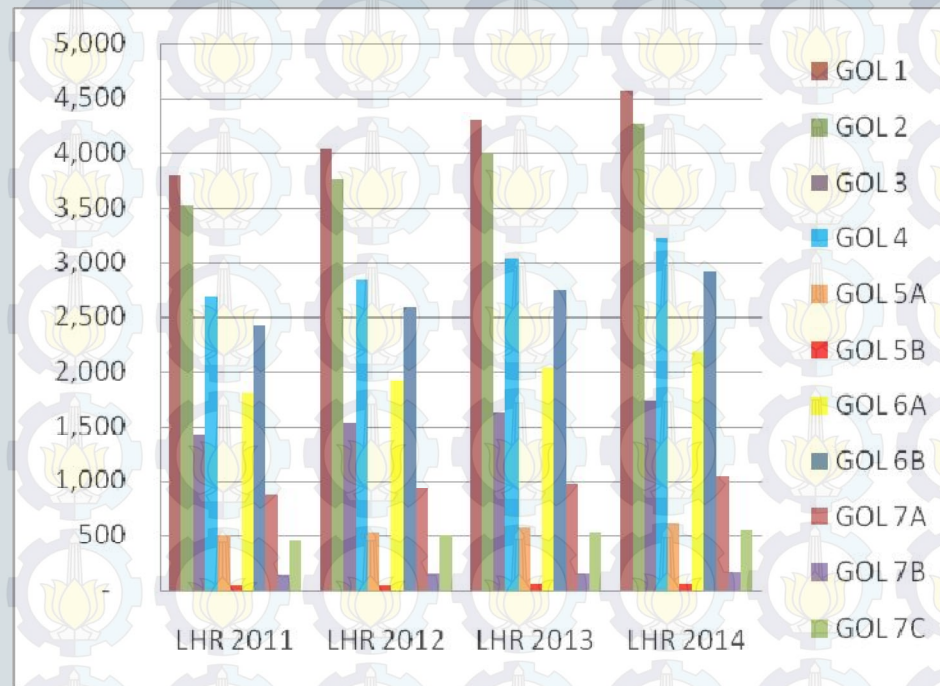


2. VARIABEL BEBAN LALU LINTAS

TIPE KENDARAAN	LHR 2011	LHR 2012	LHR 2013	LHR 2014
GOL 1	3,798	4,040	4,298	4,572
GOL 2	3,531	3,757	3,996	4,251
GOL 3	1,434	1,525	1,623	1,726
GOL 4	2,670	2,840	3,021	3,214
GOL 5A	502	534	568	604
GOL 5B	42	45	48	51
GOL 6A	1,803	1,918	2,041	2,171
GOL 6B	2,422	2,577	2,741	2,916
GOL 7A	860	915	974	1,036
GOL 7B	135	143	152	162
GOL 7C	465	495	526	560
GOL 8	-	-	-	-
TOTAL	17,662	18,789	19,988	21,264

Jumlah LHR Tahun 2010 - 2014

2. VARIABEL BEBAN LALU LINTAS



Grafik LHR Tahun 2010 - 2014

2. VARIABEL BEBAN LALU LINTAS

No	Gol Kendaraan	Jenis Kendaraan	VDF Bina Marga
1	2	Mobil Penumpang	0
2	3	Pick Up, Combi	0
3	4	Truk Kecil	0
4	5a	Bus Kecil	0.3
5	5b	Bus Besar	1.0
6	6a	Truk 2 as 4 roda	0.3
7	6b	Truk 2 as 6 roda	0.7
8	7a	Truk 3 as 10 roda	7.6
9	7b	Truk gandeng	28.9
10	7c	Semi trailer	19.0

Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor : 02/M/BM/2013

2. VARIABEL BEBAN LALU LINTAS

- $ESA = (\sum \text{jenis kendaraan LHR} \times VDF \times \text{Faktor Distribusi})$
- $CESA = ESA \times 365 \times R$

No Ruas	CESA 2011	CESA 2012	CESA 2013	CESA 2014
34	6,334,936.2	13,482,631.2	21,521,292.2	30,535,815.4



- Grafik Beban Lalu Lintas Tahun 2010 - 2014

2. VARIABEL BEBAN LALU LINTAS

- Perhitungan dan penentuan kategori Beban Lalu Lintas mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013
- Penentuan Kategori/State:
 - Beban lalu lintas rendah , $CESA < 10$ juta
Tahun 2011 nilai $CESA < 10 \rightarrow$ state rendah
 - Beban lalu lintas sedang , $CESA 10 - 30$ juta
Tahun 2012, 2013 nilai $CESA$ diantara 10 -30 juta , state sedang
 - Beban lalu lintas tinggi, $CESA > 30$ juta
Tahun 2014 nilai $CESA > 30$ juta , state tinggi

3. VARIABEL PEMELIHARAAN

No	Tahun	Panjang Pemeliharaan Rutin (Km)
1	2011	12.96
2	2012	13.21
3	2013	14.16
4	2014	13.16

No	Tahun	Penanganan			Kegiatan Pemeliharaan
		Awal	Akhir	Panjang (Km)	
1	2011	133+092	134+291	1.20	Pelebaran Jalan
2	2012	131+450	132+400	0.95	Berkala
3	2014	131+950	132+950	1.00	Peningkatan Struktur

3. VARIABEL PEMELIHARAN

Variabel pemeliharaan sesuai dengan *state*/kategori

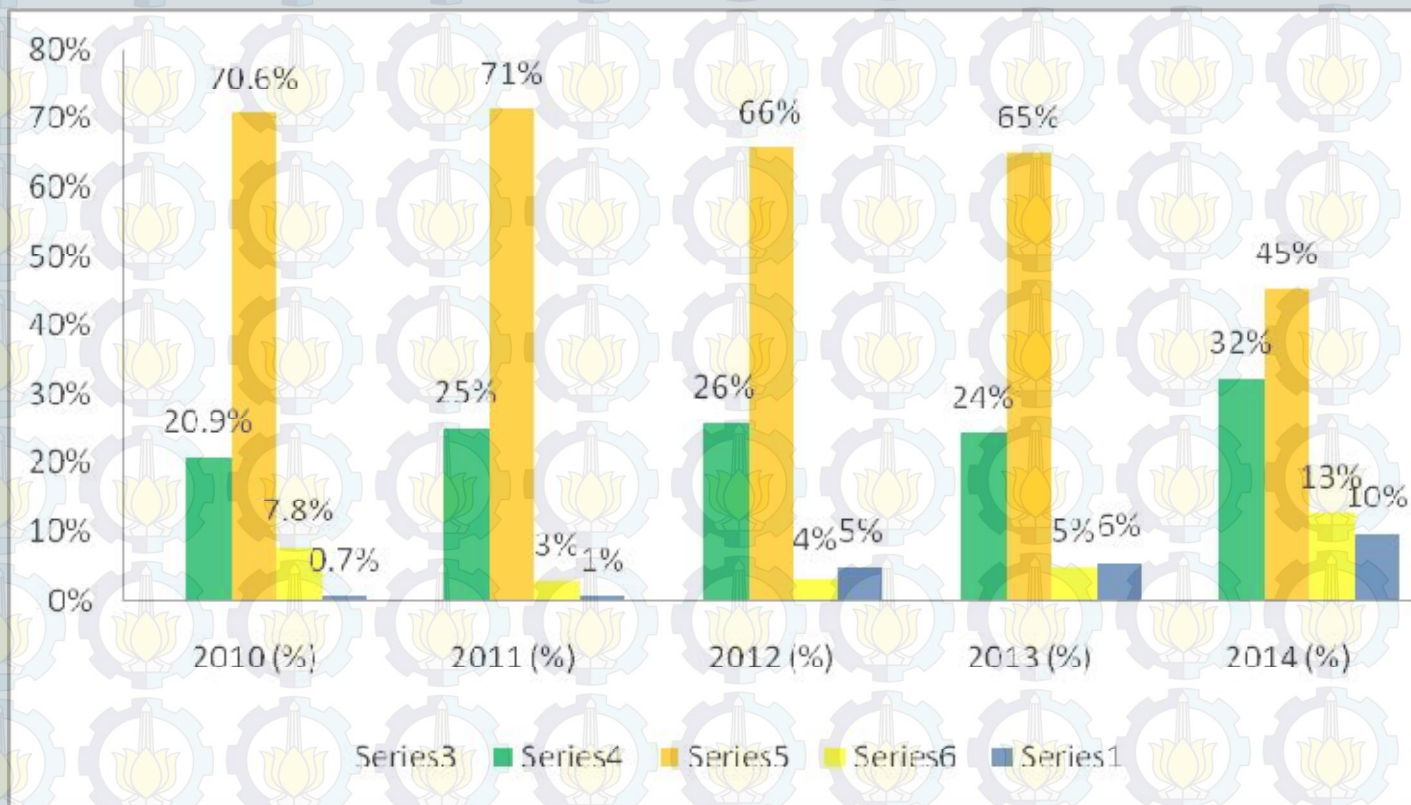
Kategori/ State	2011		2012		2013		2014	
	Km	%	Km	%	Km	%	Km	%
Sesuai	4.4	31	4.16	30	2.89	20	5	35
Tidak Sesuai	9.8	69	10	70	11.26	80	9.16	65

4. VARIABEL KONDISI JALAN

Penentuan Nilai Kondisi Jalan dengan IRI dan SDI

IRI (m/km)	SDI			
	<50	50-100	100-150	>150
<4	Baik	Sedang	Sedang	Rusak Ringan
4-8	Sedang	Sedang	Rusak Ringan	Rusak Ringan
8-12	Rusak Ringan	Rusak Ringan	Rusak Berat	Rusak Berat
>12	Rusak Berat	Rusak Berat	Rusak Berat	Rusak Berat

4. VARIABEL KONDISI JALAN



Grafik Kondisi Jalan (IRI & SDI) Tahun 2010-2014

5. KATEGORI/STATE VARIABEL

No	Variabel	Kategori/State
A	Variabel Terikat/Respon	
1	<i>International Roughness Index (IRI) and Surface Distress Index (SDI)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Baik • Sedang • Rusak Ringan • Rusak Berat
B	Variabel Bebas/Predictor	
1	Sistem Drainase	<ul style="list-style-type: none"> • Baik • Sedang • Buruk
2	Beban Lalu Lintas	<ul style="list-style-type: none"> • Tinggi • Sedang • Rendah
3	Pemeliharaan	<ul style="list-style-type: none"> • Sesuai • Tidak Sesuai

C. PEMODELAN DBN

Membuat Struktur BN

Membuat Struktur DBN

Menentukan Parameter

Menentukan nilai CPT

Inferensi Probabilistik

C. STRUKTUR BN

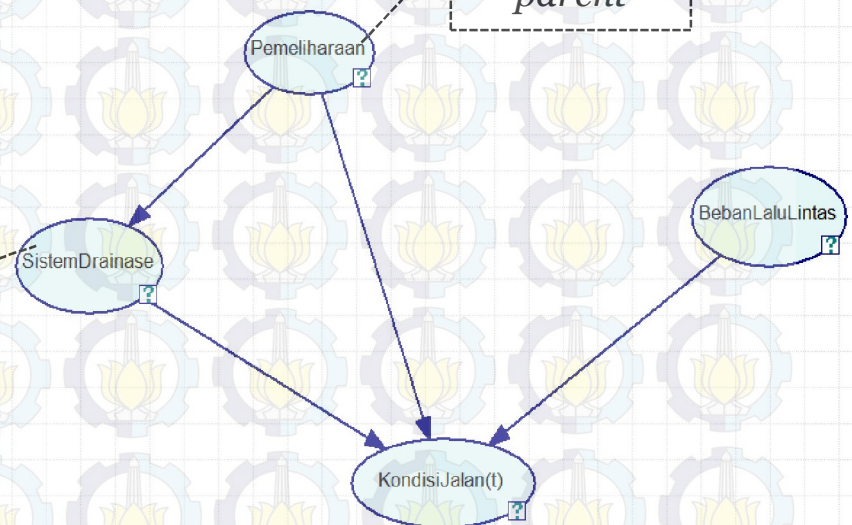
Sebab				
Kondisi Jalan (tahun sekarang t)				
Beban Lalu Lintas	5			
Sistem Drainase	5	1		
Pemeliharaan Jalan	5	2	5	
Akibat	Kondisi Jalan (tahun sekarang t)	Beban Lalu Lintas	Sistem Drainase	Pemeliharaan Jalan

Matrik
Ketergantungan

Node
parent

Node
child

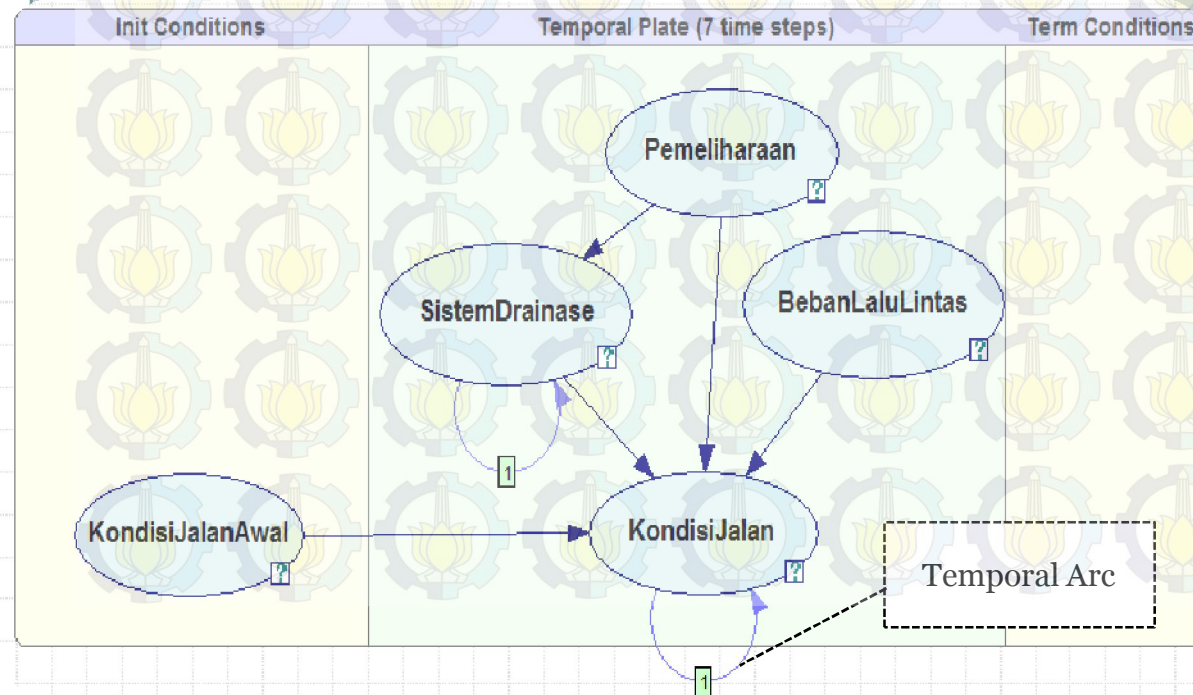
Struktur BN



C. STRUKTUR DBN

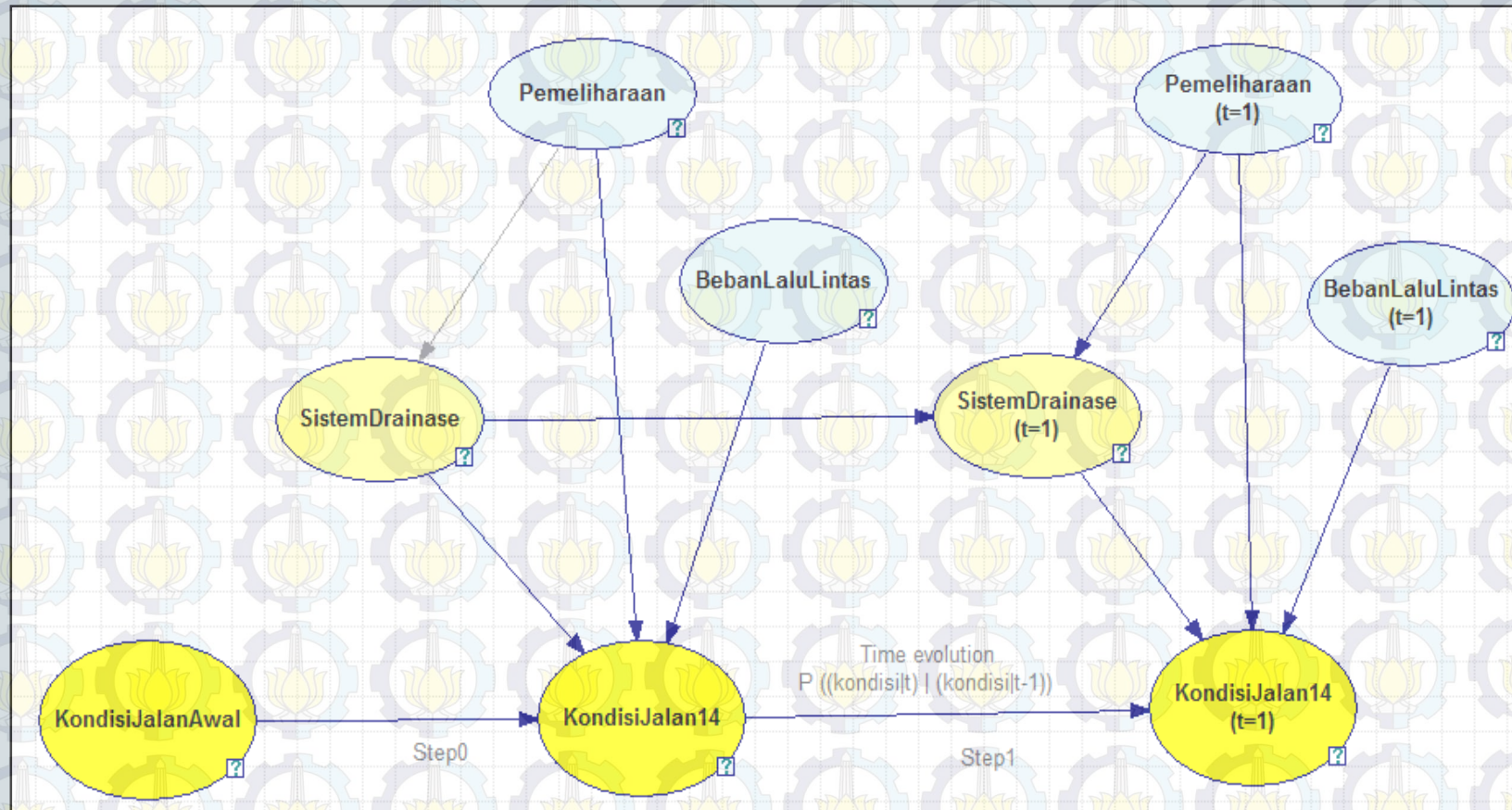
Matrik Ketergantungan

Tahunsekarang (t)	Tahunmendatang (t+1)			
	Pemeliharaan Jalan	Beban Lalu Lintas	Sistem Drainase	Kondisi Jalan
Pemeliharaan Jalan	3	1	2	1
Beban Lalu Lintas	1	3	1	1
Sistem Drainase	2	1	5	1
KondisiJalan	1	1	1	5



Struktur DBN

C. STRUKTUR DBN



D. LEARN PARAMETER

- Learn parameter dengan *Expectation Maximization* (EM)
- EM → model *based clustering*
- EM menggunakan model yang ada untuk mengklasterkan dan mengoptimalkan kecocokan antara data dengan model

D. LEARN PARAMETER

- Hasil Learn Parameter:

- *Prior Probability*

- CPT

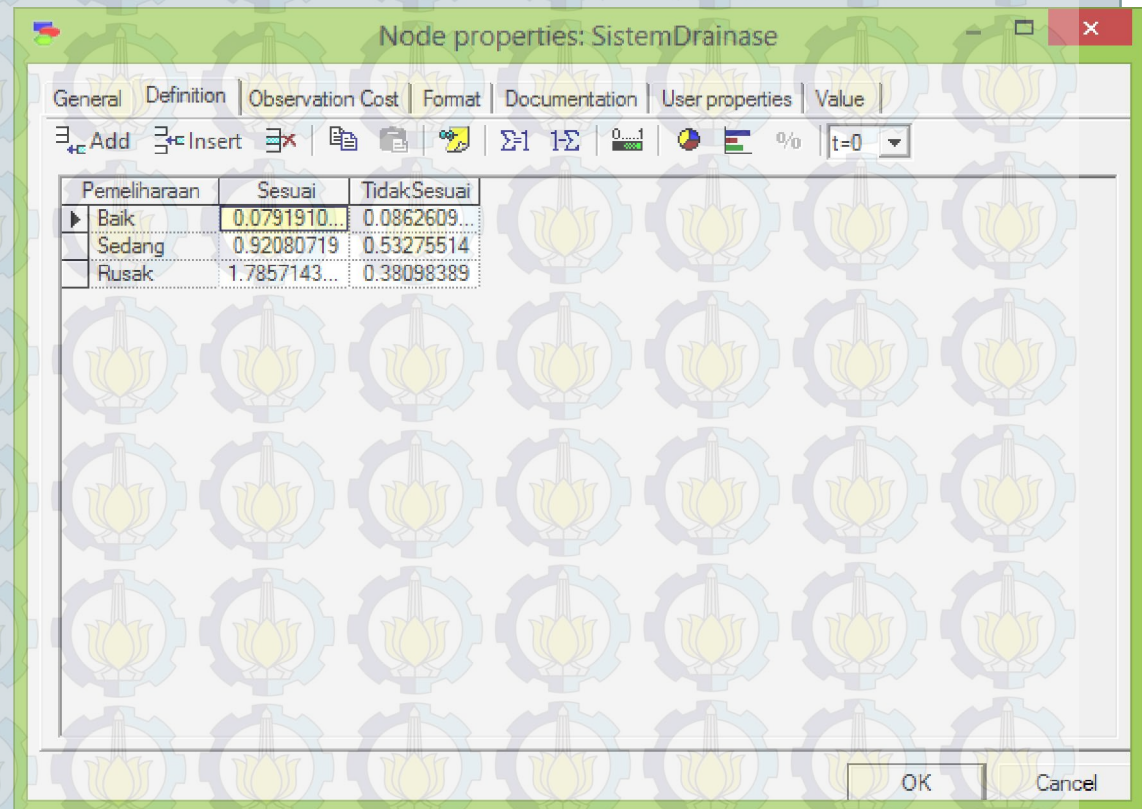
- CPT

- Sistem Drainase

- Kondisi Jalan

- Rumus CPT

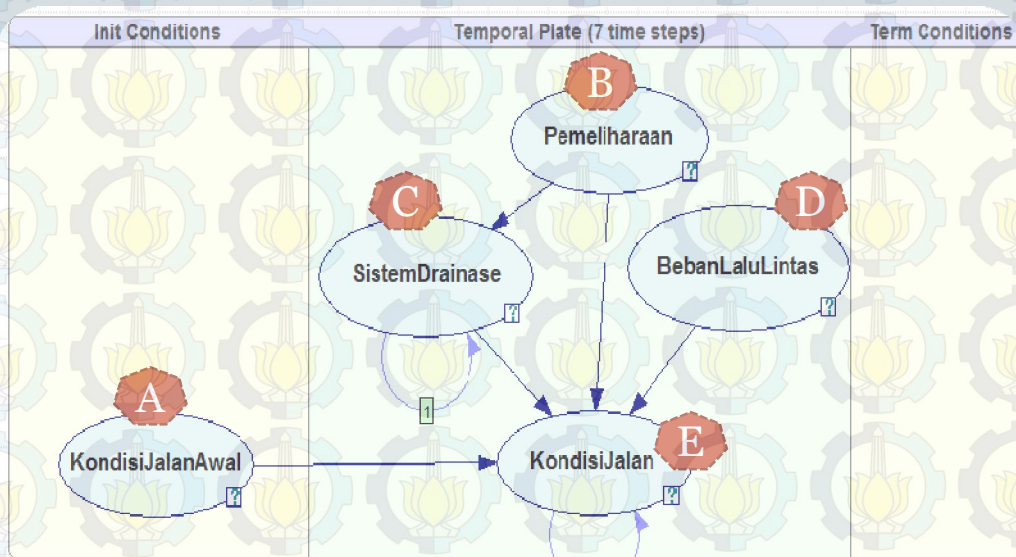
$$P(A|C) = \frac{P(A, C)}{P(C)}$$



Pemeliharaan	Sesuai	TidakSesuai
Baik	0.0791910...	0.0862609...
Sedang	0.92080719	0.53275514
Rusak	1.7857143...	0.38098389

E. INFERENSI PROBABILISTIK

- Inferensi Bayesian digunakan untuk menghitung nilai JPD dan *Posterior Probability* dengan software Genie 2



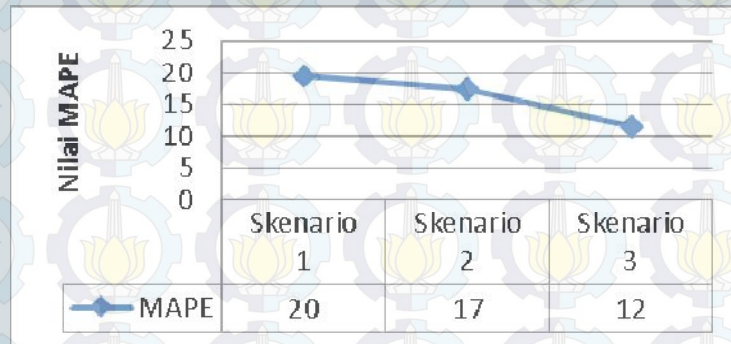
- $$P(A,B,C,D,E) = \sum_{A,B,C,D,E} P(B) * P(D) * P(A) * P(C|B) * P(E|A)$$

- Hasil Prediksi

VALIDASI MODEL

- Validasi model diperlukan untuk meyakinkan bahwa model yang dibangun merupakan representasi dari realitas yang dikaji sehingga model dapat menghasilkan kesimpulan yang meyakinkan. Dengan validasi model dapat dilihat keakuratan antara hasil prediksi yang dibangun dengan kondisi kinerja yang sebenarnya.
- Validasi model dilakukan dengan menggunakan data tahun 2015
- [Hasil validasi model](#)

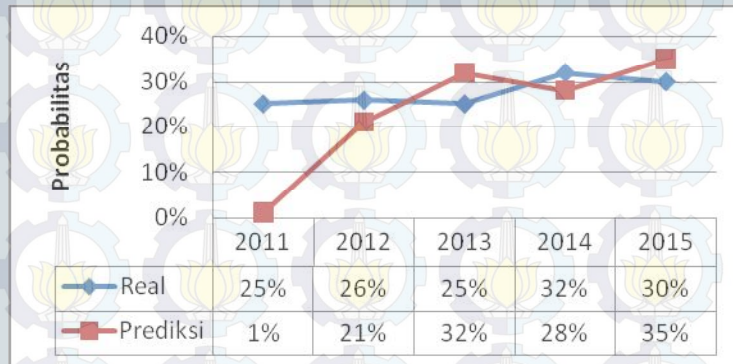
ANALISA SENSITIVITAS



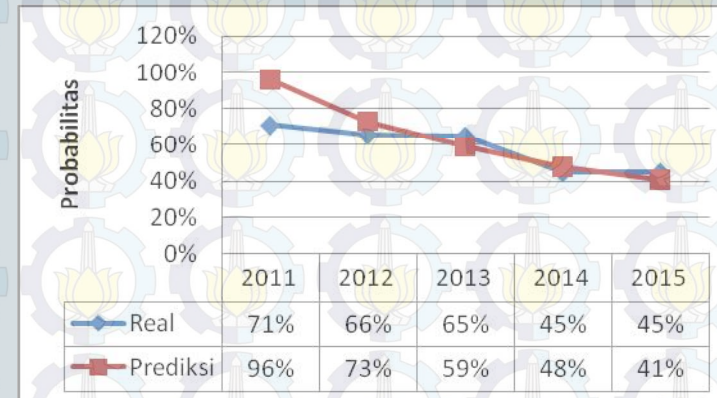
Nilai MAPE

- Untuk mengetahui sensitivitas dari model dibuat 3 skenario dengan melakukan set *evidence* pada tahun berbeda
- Hasil nilai MAPE dari 3 skenario < 30 sehingga model diterima

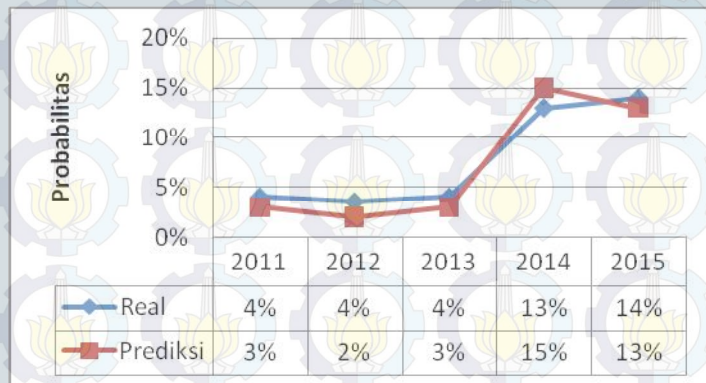
PEMBAHASAN



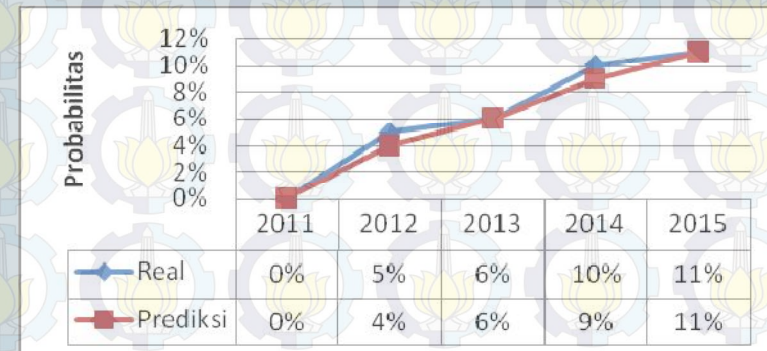
Hasil Prediksi Kondisi Baik



Hasil Prediksi Kondisi Sedang



Hasil Prediksi Kondisi RR



Hasil Prediksi Kondisi RB

KESIMPULAN

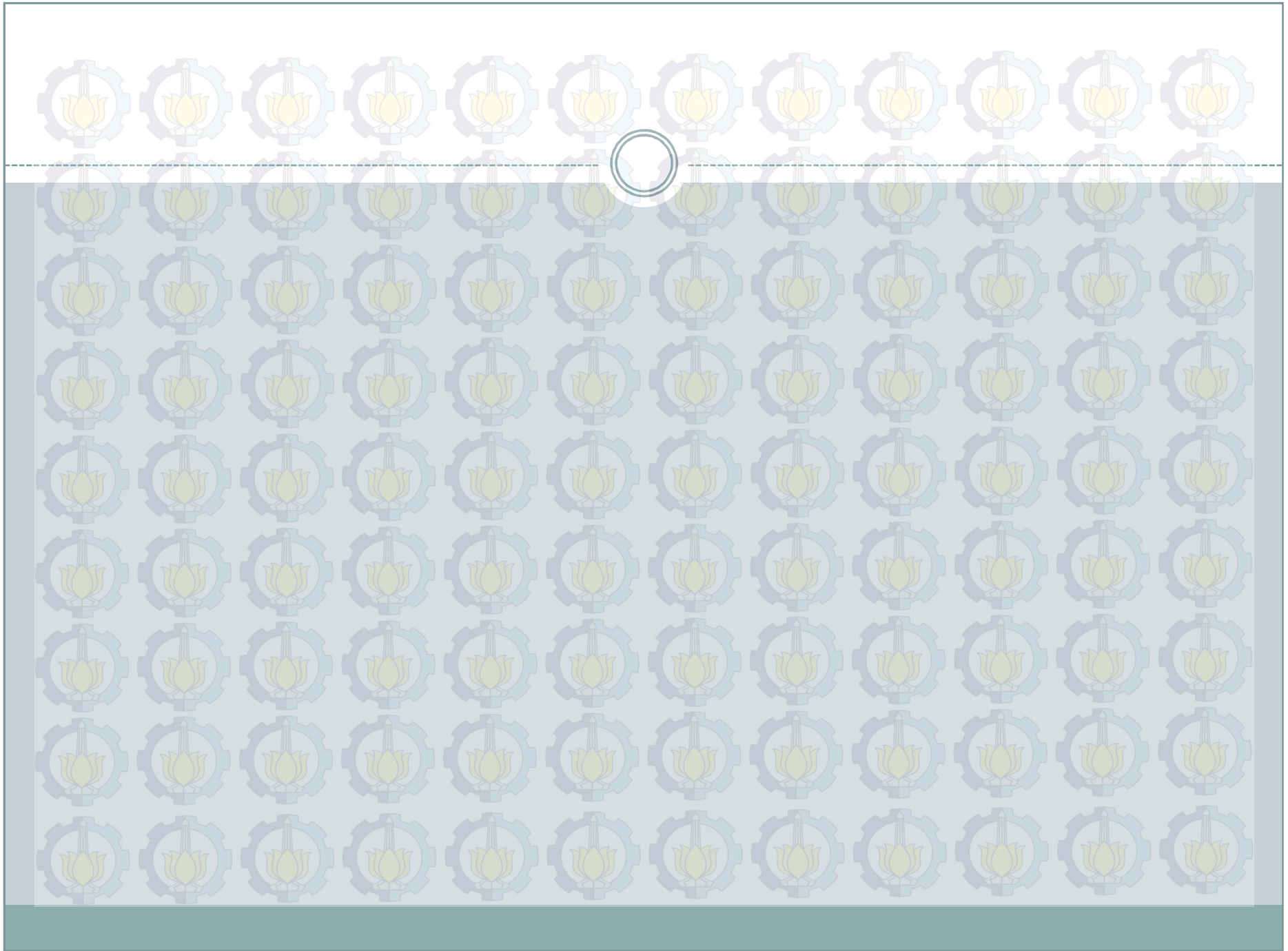
- Faktor – faktor yang sangat berpengaruh terhadap kerusakan jalan adalah sistem drainase, beban lalu lintas dan pemeliharaan jalan.
- Hubungan/ korelasi antar variabel pada *Dynamic Bayesian Network* (DBN) dipengaruhi secara langsung oleh variabel sistem drainase, pemeliharaan jalan, beban lalu lintas dan variabel kondisi jalan pada tahun sebelumnya ($t=0$). Variabel sistem drainase pada tahun sekarang ($t=1$) juga dipengaruhi oleh variabel sistem drainase pada tahun sebelumnya ($t=0$).
- Hasil simulasi model menunjukkan bahwa akurasi model prediksi kondisi perkerasan jalan dengan *Dynamic Bayesian Network* (DBN) mencapai 88 % (MAPE = 12 %)

SARAN

- Untuk penelitian selanjutnya dalam membuat model prediksi kondisi perkerasan jalan, disarankan untuk mempertimbangkan variabel lainnya seperti temperatur, curah hujan, kekuatan tanah dasar atau variabel lainnya yang berpengaruh terhadap kerusakan jalan.
- Untuk penelitian selanjutnya, dapat dikembangkan model struktur *Dynamic Bayesian Network (DBN)* yang berbeda dengan model hubungan antar variabel yang berbeda.
- Untuk penelitian selanjutnya, dapat dikembangkan model *Dynamic Bayesian Network (DBN)* dengan bantuan software lainnya misalnya Hugin, MSBNX, CaMML dan lainnya



TERIMA KASIH



Tabel 5

NILAI KONDISI SISTEM DRAINASE

Saluran Samping	Angka
Ada	0
Tidak Ada	7
Tersumbat	2
Tidak Tersumbat	0
Teratur	0
Tidak Teratur	2
Memadai	0
Tidak Memadai	3
Penghubung	Angka
Ada	0
Tidak Ada	3
Tersumbat	2
Tidak Tersumbat	0
Bahu	Angka
Terlalu Tinggi	2
Sama Tinggi	0
Terlalu Rendah	2
Miring	0
Tidak Rata	2
Diperkeras	0
Tidak Diperkeras	1

Jalur Pejalan Kaki

	Point
Ada	0
Tidak Ada	3
Rata	0
Tidak Rata	1
Rusak	2
Baik	0

Tepian / Kereb

	Angka
Ada	0
Tidak Ada	1
Rusak	2
Baik	0